

新田町

(株) 西原環境衛生研究所

酒井謙二

安藤 茂

○ 市川 勉

1. はじめに

水の衛生学的安全性を保つために行われている消毒は、これまで主に塩素系薬剤を使用してきたが、近年になり塩素の過剰注入によるトリハロメタン等の有機塩素化合物の生成や、残留塩素による水棲生物への影響等が議論されるようになった。また、下水処理水を再利用水として安全に利用するための高度な消毒技術も必要となってきた。本実験では下水二次処理水の消毒に実用化された紫外線消毒装置を新田町早川処理場に適用し、1年半にわたり調査した結果を報告する。

2. 実験方法

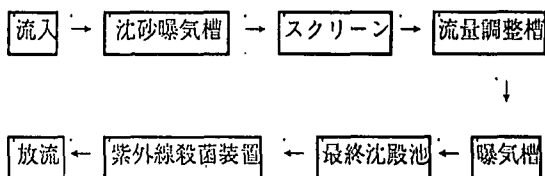
2.1 運転条件

処理場の処理フローを図・1に、機器仕様を表1に示す。対象とする二次処理水は、最終沈殿池から越流する未消毒の全量に対して紫外線消毒を行い、自然流下で放流される。放流量は最大2,000m³/日である。採水時の水量は、流量調整槽と曝気槽の間に設置された計量槽で測定した。

紫外線消毒装置は、紫外線ランプを水流に対し水平設置する自然流下開水路型を使用した。紫外線ランプは、開水路に常時浸漬させた状態にし、設置した24本ランプの全てを24時間連続点灯させた。ランプの累積点灯時間、UV強度モニター値は現場盤の表示計の読みを記録した。石英スリーブは、表面に付着する汚れの影響を見るため、1年間表面洗浄を行わなかった。

2.2 分析方法

消毒前と消毒後の二次処理水を月に2回の割合で採水を行い、各細菌数、紫外線透過率、SSの測定を行った。その他の一般水質項目は月に1回の採水とした。各細菌数については、一般細菌が平板培養法、大腸菌群及び糞便性大腸菌群が最確数法で測定した。紫外線透過率は、UV光度計（P254UV PHOTOMETER: トロージャン社製）を用いて測定した。その他一般水質項目は下水試験方法に準じた。



図・1 処理フロー

表・1 装置仕様

項 目	仕 様
型 式	自然流下開水路型
紫外線ランプ	定格65W 低圧水銀ランプ
ランプ 配列	均等配列
ラ ン プ 本 数	24本（縦4本×6列）
所 要 電 力	約2kW

3. 結果及び考察

3.1 二次処理水の性状

平成5年9月から平成6年9月までの二次処理水の平均水質を表・2に示す。表に示すように、SS Sが3mg/ℓ、透視度50以上と水質は安定していた。紫外線透過率は夏期に70%前後まで低下したが、平均的には76%と安定していた。

3.2 消毒効果の継続性

平成5年9月から平成7年2月までの約1年5ヵ月にわたり、消毒効果について継続調査した。図・2及び図・3は消毒効果の経日変化を示しており、図・2が消毒前の各細菌数について、図・3が消毒後の細菌数について示している。縦軸にLog細菌数、横軸に測定日で示した。なお横軸は、紫外線ランプが24時間連続点灯のため、累積点灯時間を同軸に示した。図・2より、細菌数は夏期に増加し冬期は減少する傾向にあったが、調査期間中の消毒前の細菌数を見ると一般細菌が平均1.0⁶個/100mlのオーダー、大腸菌群数が平均1.0⁴MPN/100mlのオーダー、糞便性大腸菌群が平均1.0³MPN/100mlのオーダーで、一般的な二次処理水中に含まれる細菌数と考えられる。また、消毒前の大腸菌群の場合は夏期に最大値で9.20×10⁵MPN/100mlまで検出され、消毒の必要なレベルに達していた。

図・3より、消毒後の各細菌数は調査期間を通じて低い値を示しており、消毒効果が継続的に維持された。消毒後の各細菌数を見ると、一般細菌が平均1.0³個/100mlのオーダー、大腸菌群が平均10¹MPN/100mlのオーダー、糞便性大腸菌群が平均10⁰MPN/100mlのオーダーであった。大腸菌群数は点灯時間とともに増加する傾向を示し、約13,000時間経過後においても1.0³MPN/100mlのオーダーにあり、放流水質基準値の3,000個/mlに比べて2桁低い値であった。表・3に消毒後の各細菌数の割合と除去率の変化について整理した。

表・3は、期間1〔点灯時間0～8,760時間(1年)〕と期間2〔8,760～13,000時間(1.5年)〕における消毒前後の平均細菌数と除去率を示している。期間1において糞便性大腸菌群数を1として各細菌数の割合を見ると、大腸菌群(T.C.)：糞便性大腸菌群(F.C.)は14：1であった。期間2では、(T.C.)：(F.C.)は4：1で、期間1に比べ糞便性大腸菌群の占める割合が高く、各細菌の除去率はいずれも低下した。

表・2 二次処理水の平均水質

	範囲	平均値
水温〔℃〕	13～26	19.5
pH	6.5～7.3	7.0
SS〔mg/ℓ〕	1～5	3
透視度	>50	>50
BOD〔mg/ℓ〕	1～3	2
COD〔mg/ℓ〕	2～5	4
紫外線透過率〔%〕	70～86	76

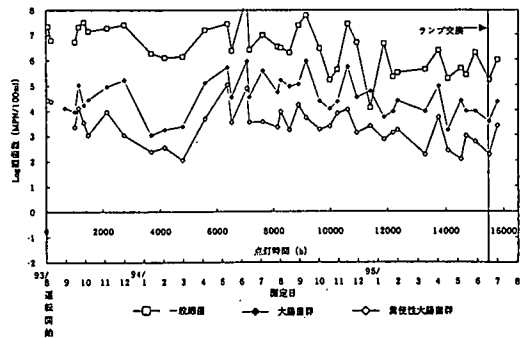


図2 消毒前の細菌数

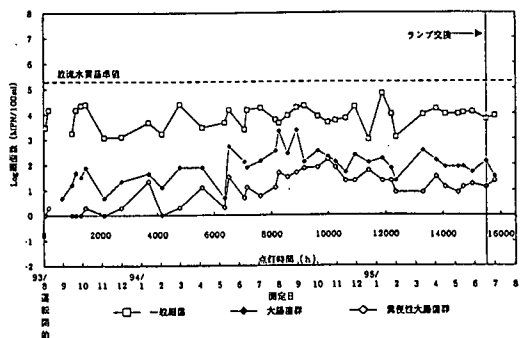


図3 消毒後の細菌数

3.3 スケールの付着成分
 運転期間中の石英スリーブには汚れの付着は見られなかったが、平成6年9月の時点で汚れの状況を見るため、石英スリーブの表面洗浄を試みた。表面洗浄は石英スリーブをはずし、1N-HCl溶液500mlに浸して表面スケールを溶かした後、この溶液の分析を行った。

表-3 期間1、2における幾何平均細菌数と除去率

項目	期間1 0～8,760時間			期間2 8,760～13,000時間		
	細菌数		除去率 [%]	細菌数		除去率 [%]
	消毒前	消毒後		消毒前	消毒後	
一般細菌 〔個/100ml〕	8.95×10^6	6.08×10^3	99.93	1.62×10^6	8.25×10^3	99.49
大腸菌群 〔MPN/100ml〕	4.13×10^4	5.40×10^1	99.87	4.54×10^4	1.62×10^2	99.64
糞便性大腸菌群 〔MPN/100ml〕	3.99×10^3	4.00×10^0	99.90	2.84×10^3	4.00×10^1	98.59

分析項目は、石英スリーブ表面への付着が考えられる項目を選定した。表-4にスケールと原水の成分について示した。原水中には特に多く含まれる成分はなく、下水二次処理水の一般的な数値と考えられる。スケール成分では、T O C 3mgであり、有機物（生物の付着）は少ないと考えられる。また使用前と使用後の外観上の差異は見られなかった。

表-4 スケールと原水中の成分

項目	スケール成分 〔mg/2本〕	原水 〔mg/ℓ〕
外観	乾燥すると部分	無色透明
T O C	3	4
鉄	4.2	<0.05
マンガン	<0.1	<0.05
アルミニウム	16	<0.05
シリカ	1.6	10.4
カルシウム	5.6	26.2
マグネシウム	0.18	4.77

3.4 UV検知システムによるUV強度モニター

図-4にUV検知システムによるUV強度モニター値を示す。モニター値は運転開始から平均9mW/cm²であったが5,000～8,000時間より低下し、その後は平均5mW/cm²で安定していた。モニター値は石英スリーブの汚れを検知、警報するシステムであるが、汚れが付かなかったことから、経時的なランプ出力の低下によって、モニター値が下がったものと考えられる。

これらの結果より、消毒後の各細菌数の増加はランプ出力の低下によってUV強度が減少し、細菌の除去率が下がったことが起因すると考えられる。

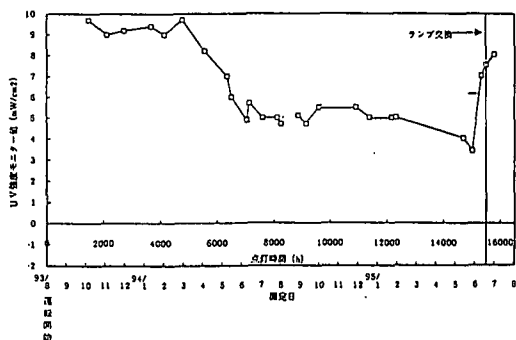


図4 UV検知システムによるUV強度モニター

4. まとめ

本調査で二次処理水の紫外線消毒の適用について以下の結果を得た。

- ①実験を行った処理場の二次処理水の水質は、SS3mg/ℓ、透視度 50cm以上、紫外線透過率76%と良好な水質であった。このことは紫外線消毒に適した水質であったといえる。
- ②紫外線によって消毒された処理水の各細菌数は調査期間を通じて低い値であり、消毒効果が継続的に維持されることを示している。消毒後の大腸菌群数は点灯時間とともに増加する傾向を示したが約1 3,000時間経過後においても10³MPN/100mlのオーダーにあり、下水の放流水質基準の3,000個/mlに比べて2桁低い値であった。
- ③消毒後の細菌数の増加は、石英スリーブ表面の汚れの付着が確認されないことやUV強度モニター値から判断して、経時的な紫外線ランプ出力の低下によってUV強度が減少し、細菌除去率が下がったためと考えられた。